

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 04 JUN 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 17 385.0

**Anmeldetag:** 18. April 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen  
eines Schienenfahrzeugs

**IPC:** B 60 L 7/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hilfsmittel

## Beschreibung

Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines Schienenfahrzeugs

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines mit einem Antrieb ausgestatteten Schienenfahrzeugs, das insbesondere eine Straßenbahn ist.

10 Bisher wurde die elektrodynamische Bremse nicht bis zum Stillstand des Schienenfahrzeugs eingesetzt. Unterhalb einer Geschwindigkeit von 2 km/h bis 7 km/h wurde stets eine vorhandene mechanische Bremse eingesetzt. Dabei ergibt sich der Nachteil, dass mit dem Stillstand des Schienenfahrzeugs ein für die Fahrgäste unkomfortabler Ruck entsteht.

15

Ein Abbremsen bis zum Stillstand allein mit der elektrodynamischen Bremse wurde bisher nicht praktiziert, da die Bremskraft bei kleinen Geschwindigkeiten zu großen Schwankungen unterliegt, die insbesondere auf den Fahrweg (Steigung bzw. Gefälle) zurückzuführen sind.

20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines Schienenfahrzeuges anzugeben, das bis zum Stillstand ein sicheres Abbremsen ermöglicht, so dass die einen unerwünschten Ruck verursachende mechanische Bremse im Normalfall nicht gebraucht wird und dadurch auch weniger verschleißt.

25

30 Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass die Beschleunigung des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von seiner Geschwindigkeit geregelt wird.

Damit wird der Vorteil erzielt, dass bei jeder Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs, auch bei einer sehr kleinen Geschwindigkeit, eine optimale Verzögerung (negative Beschleunigung) möglich ist. Man kann also das Schienenfahrzeug al-

35

lein mit der elektrodynamischen Bremse sicher zum Stillstand bringen. Die elektrodynamische Bremse arbeitet vorteilhaft-erweise ruckfrei.

- 5    Beispielsweise wird die Beschleunigung des Schienenfahrzeugs auf eine Sollbeschleunigung geregelt, die proportional zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit ist. Dazu kann diese Beziehung als Kennlinie  $a_{\text{soll}} = -k \cdot \sqrt{v}$  abgespeichert sein.
- 10   Nach einem anderen Beispiel wird die Beschleunigung des Schienenfahrzeugs auf eine Sollbeschleunigung geregelt, die proportional zur Geschwindigkeit ist. Auch diese Beziehung kann als Kennlinie abgespeichert sein.
- 15   Die Sollbeschleunigung kann auch für einzelne Abschnitte (Fahrwegabschnitte oder Fahrzeitabschnitte), die aufeinander folgen entweder proportional zur Geschwindigkeit oder zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit sein. Es ergibt sich so eine Kennlinie aus linearen und wurzelförmigen Abschnitten.
- 20   Es wird während des Bremsvorgangs die jeweils aktuelle Sollbeschleunigung mit der Kennlinie aus der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs bestimmt und die aktuelle Beschleunigung wird so geregelt, dass sie möglichst der Sollbeschleunigung
- 25   entspricht.
- Einflüsse der befahrenen Strecke (Steigung oder Gefälle) werden durch die Regelung der Beschleunigung ausgeglichen.
- 30   Beispielsweise kann die Beschleunigung indirekt geregelt werden, indem das Drehmoment des Antriebs des Schienenfahrzeugs geregelt wird. Die Regelung des Drehmoments ist vergleichsweise einfacher durchführbar als eine direkte Regelung der Beschleunigung.
- 35   Zur Regelung des Drehmoments kann beispielsweise ein PI-Regler eingesetzt werden.

Beispielsweise kann bei der Regelung vorgesehen sein, dass das Drehmoment stets innerhalb von vorgegebenen Grenzen gehalten wird. Diese Grenzen werden beispielsweise vom Fahrer vorgegeben.

5

Beispielsweise wird zum Drehmoment zur Vorsteuerung ein Zusatzdrehmoment addiert, das proportional zur Sollbeschleunigung ist. Dabei ist die Proportionalitätskonstante abhängig von Fahrzeugwerten.

10

Damit wird der Vorteil erzielt, dass Einflüsse, die auf den Aufbau des Fahrzeuges selbst zurückzuführen sind, ganz oder weitgehend ausgeschlossen werden.

15

Die Fahrzeugwerte sind beispielsweise insbesondere die Fahrzeugmasse, aber auch die Getriebeübersetzung und/oder der Raddurchmesser.

20

Die momentane Geschwindigkeit des Schienenfahrzeuges wird beispielsweise aus den Drehzahlen des Antriebs und/oder einer Achse ermittelt.

25

Die Sollbeschleunigung wird dann beispielsweise mit Hilfe der Kennlinie bestimmt, die die Sollbeschleunigung als Funktion der Geschwindigkeit darstellt. Die Sollbeschleunigung ist z.B. proportional zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit.

30

Die momentane Beschleunigung wird beispielsweise als erste Ableitung der ermittelten Geschwindigkeit bestimmt. Es ist dann ein unmittelbarer Vergleich der momentanen Beschleunigung mit der Sollbeschleunigung möglich und eine Regelung der Beschleunigung durchführbar.

35

Der Antrieb des Schienenfahrzeugs ist in der Regel eine Asynchronmaschine mit Pulswechselrichter. Wenn der Antrieb eine Koppelung eines I-n-Modells mit einem U-Modell eines Motors

aufweist, ist eine Regelung der Beschleunigung bis zum Stillstand des Schienenfahrzeugs besonders gut durchführbar.

Das Verfahren nach der Erfindung ist für eine allgemeine Regelung der Fahrt des Schienenfahrzeugs einsetzbar. Insbesondere ist das Verfahren gut geeignet, um ein Schienenfahrzeug bis zum Stillstand abzubremesen, ohne dass eine mechanische Bremse herangezogen werden muss. Es ist also vorteilhafterweise ein ruckfreies Anhalten gewährleistet.

Das Verfahren nach der Erfindung zum elektrodynamischen Bremsen eines Schienenfahrzeugs wird anhand der Zeichnung näher erläutert:

Zunächst wird die Geschwindigkeit  $v$  des Schienenfahrzeugs bestimmt 1. Aus dem Geschwindigkeitswert wird nach Bildung der ersten Ableitung des Geschwindigkeitsverlaufs die momentane Beschleunigung  $a_{Ist}$  bestimmt 2.

Parallel dazu wird mit einer vorgegebenen Kennlinie aus der Geschwindigkeit  $v$  die Sollbeschleunigung  $a_{Soll}$  ermittelt 3. Gemäß der Kennlinie ist die Sollbeschleunigung  $a_{Soll}$  proportional zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit  $v$  mit der Proportionalitätskonstanten  $k$ .

Sowohl die momentane Beschleunigung  $a_{Ist}$  als auch die Sollbeschleunigung  $a_{Soll}$  werden dem Regler 4 zugeführt, der ein PI-Regler sein kann. Am Ausgang des Reglers 4 wird das für die gewünschte Regelung der momentanen Beschleunigung  $a_{Ist}$  auf die Sollbeschleunigung  $a_{Soll}$  erforderliche Drehmoment  $M_R$  für den Antrieb 6 abgegeben.

Um Einflüsse durch das Schienenfahrzeug selbst auszugleichen, wird ein Zusatzdrehmoment  $M_v$  zum bereits berechneten Drehmoment  $M_R$  vor der Ansteuerung des Antriebs 6 addiert. Dieses Zusatzdrehmoment  $M_v$  wird bestimmt 5 durch das Produkt der Sollbeschleunigung  $a_{Soll}$  und einer Proportionalitätskonstan-

ten  $m$ , die abhängig sein kann von der Fahrzeugmasse, der Getriebeübersetzung und/oder dem Raddurchmesser.

5 Die Summe der Drehmomente  $M_R + M_V$  gelangt zum Antrieb 6, wo die Beschleunigung  $a_{Ist}$  des Schienenfahrzeugs über das Drehmoment  $M_R + M_V$  geregelt wird.

10 Die Drehzahl  $n$  des Antriebs 6 dient zum Bestimmen der Geschwindigkeit  $v$  des Schienenfahrzeugs und wird vom Antrieb 6 zur Bestimmung der Geschwindigkeit 1 bereit gestellt.

Mit dem geschilderten Verfahren ist eine gleichmäßige Regelung der Beschleunigung (Verzögerung) des Schienenfahrzeugs, insbesondere bis zum Stillstand hin, durchführbar.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines mit einem Antrieb (6) ausgestatteten Schienenfahrzeugs,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Beschleunigung ( $a_{Ist}$ ) des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von seiner Geschwindigkeit ( $v$ ) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Beschleunigung ( $a_{Ist}$ ) auf eine Sollbeschleunigung ( $a_{Soll}$ ) geregelt wird, die proportional zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit ( $v$ ) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Beschleunigung ( $a_{Ist}$ ) auf eine Sollbeschleunigung ( $a_{Soll}$ ) geregelt wird, die proportional zur Geschwindigkeit ( $v$ ) ist.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 3,  
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Sollbeschleunigung ( $a_{Soll}$ ) für einzelne Abschnitte entweder proportional zur negativen Wurzel der Geschwindigkeit ( $v$ ) oder proportional zur Geschwindigkeit ( $v$ ) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur indirekten Regelung der Beschleunigung ( $a_{Ist}$ ) das Drehmoment ( $M_R$ ) des Antriebs (6) geregelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zur Regelung des Drehmoments ( $M_R$ ) ein PI-Regler eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6,  
35

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei der Regelung des Drehmoments ( $M_R$ ) dieses innerhalb von vorgegebenen Grenzen gehalten wird.

- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass zum  
Drehmoment ( $M_R$ ) ein Zusatzdrehmoment ( $M_V$ ) addiert wird, das  
proportional zur Sollbeschleunigung ( $a_{Soll}$ ) ist, und dass die  
Proportionalitätskonstante abhängig von Fahrzeugwerten ist.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die  
Fahrzeugwerte Fahrzeugmasse, Getriebeübersetzung und/oder  
Raddurchmesser sind.

15

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Ge-  
schwindigkeit ( $v$ ) des Schienenfahrzeugs aus Drehzahlen ( $n$ )  
des Antriebs (6) und/oder einer Achse ermittelt wird.

20

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Be-  
schleunigung ( $a_{Ist}$ ) als erste Ableitung der Geschwindigkeit  
( $v$ ) bestimmt wird.

25



## Zusammenfassung

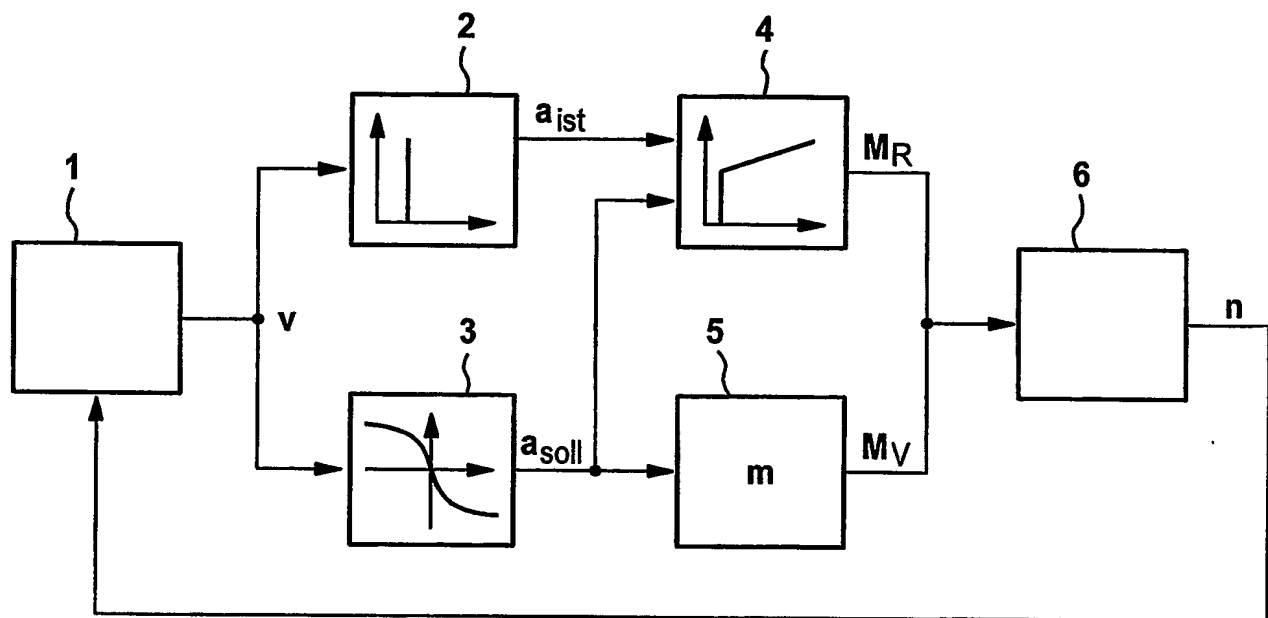
Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines Schienenfahrzeugs

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum elektrodynamischen Bremsen eines mit einem Antrieb (6) ausgestatteten Schienenfahrzeugs. Es ist vorgesehen, dass die Beschleunigung ( $a_{Ist}$ ) des Schienenfahrzeugs in Abhängigkeit von seiner Geschwindigkeit ( $v$ ) geregelt wird.

10

FIG 1



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**